



① BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

② Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

③ EP 0 708 877 B1

④ Int. Cl. 4

F01D 25/28

F 28 P 3/60

⑩ DE 694 01 958 T2

② Deutsches Aktenzeichen:	694 01 958 5
③ PCT-Aktenzeichen:	PCT/US94/07844
④ Europäisches Aktenzeichen:	94 923 450 4
⑤ PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 95/02751
⑥ PCT-Anmeldetag:	13. 7. 94
⑦ Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	26. 1. 95
⑧ Erstveröffentlichung durch das EPA:	1. 5. 96
⑨ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	5. 3. 97
⑩ Veröffentlichungstag im Patentblatt:	12. 6. 97

⑪ Unionspriorität ② ③ ④

14.07.93 US 91797

⑫ Patentinhaber:

United Technologies Corp., Hartford, Conn., US

⑬ Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

⑭ Benannte Vertragstaaten:

CH DE FR GB LI

⑮ Erfinder:

YAWORSKY, Chester E., Glastonbury, CT 06033,  
US; REED, Galen H., Colchester, CT 06415, US

⑯ METHODUM EINE BREINKAMMER ZU REPARIEREN

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsentgelte entrichtet worden sind (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

BEST AVAILABLE COPY

BUNDESDRUCKEREI 04 87 702 924/390

DE 694 01 958 T2

94 923 450.4

## BESCHREIBUNG

### Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf ein Gasturbinentriebwerk und mehr insbesondere auf ein Verfahren zum Reparieren einer Brennkammerbaugruppe für ein solches Triebwerk. Die vorliegende Erfindung ist für die Verwendung auf dem Gebiet der Axialgasturbinentriebwerke entwickelt worden.

### Hintergrund

Ein Axialgasturbinentriebwerk hat einen Verdichtungsabschnitt, einen Verbrennungsabschnitt und einen Turbinenabschnitt. Das Triebwerk hat eine umlaufende Rotorbaugruppe. Die Rotorbaugruppe umfasst eine Rotorscheibe-Schaufel-Baugruppe, die sich axial durch den Verdichtungsabschnitt erstreckt, eine Rotorscheibe-Schaufel-Baugruppe, die sich axial durch den Turbinenabschnitt erstreckt, und eine Rotorwelle, die sich axial erstreckt und die Rotorscheibe-Schaufel-Baugruppe im dem Turbinenabschnitt mit der Rotorscheibe-Schaufel-Baugruppe im dem Verdichtungsabschnitt verbindet. Eine stationäre Statorbaugruppe erstreckt sich axial durch den Verdichtungsabschnitt und durch den Turbinenabschnitt des Triebwerks. Die Statorbaugruppe umfasst ein Gehäuse, welches die Rotorbaugruppen umgibt, Halter, welche sich von dem Gehäuse aus radial einwärts erstrecken, um die Rotorbaugruppen zu tragen, und Leitschaufeln, die sich von dem Gehäuse an einer Stelle stromaufwärts jeder Lauferbaugruppe radial einwärts erstrecken. Die Leitschaufeln bereiten die Gase für den Eintritt in die Rotorscheibe-Schaufel-Baugruppe vor.

Ein Strömungsweg für Arbeitsmediumgase erstreckt sich axial durch die Abschnitte des Triebwerks. Wenn die Gase langsam des

Stromungsweges stromen, werden sie in dem Verdichtungsabschnitt verdichtet und mit Brennstoff in dem unter Druck gesetzten Verdichtungsabschnitt verbrannt, um den Gasen Energie hinzuzufügen. Die Gase stromen zu dem Turbinenabschnitt, wo die Rotorscheibe-Schaufel-Baugruppe die Energie in den Gasen in Leistung umwandelt, im Verdichter durch Drehen der Rotorseite anzu treiben. Bei Verdichter- und der Turbinenabschnitt haben eine spezielle Konfiguration, es interessiert hier aber nur die des Verbrennungsabschnitts.

Der Verbrennungsabschnitt umfaßt eine Brennkammerbaugruppe, die sich umfangmäßig um eine Symmetrieachse erstreckt. Die Brennkammerbaugruppe hat ein stromaufwärtsiges Ende und ein stromabwärtsiges Ende. Die Brennkammerbaugruppe hat eine innere Brennkammerwand und eine äußere Brennkammerwand, die sich zwischen den Enden erstrecken. Die Wände sind radial beabstandet, so daß zwischen ihnen eine ringförmige Verbrennungszone verbleibt. Eine Querwandbaugruppe an dem stromaufwärtsigen Ende erstreckt sich zwischen den Wänden, um die Wände miteinander zu verbinden. Die Querwandbaugruppe hat einen inneren Ring, einen äußeren Ring und eine Querwand, die sich zwischen den beiden Ringen erstreckt. Die Querwand ist mit dem inneren Ring und mit dem äußeren Ring verschweißt, so daß sie mit diesen ein integrales Teillbildet.

Die Querwand hat eine erste Oberfläche, die stromaufwärts gewandt ist, und eine zweite Oberfläche, die stromabwärts gewandt ist. Eine kuppelförmige Haube für die Brennkammer erstreckt sich über das stromaufwärtsige Ende der Brennkammerbaugruppe und bedeckt die erste Oberfläche der Querwand. Mehrere Befestigungsnasen sind ein integraler Bestandteil der Haube und dienen zur Befestigung der Brennkammerbaugruppe in dem Triebwerk. Mehrere Öffnungen sind umfangmäßig um die Haube und die Querwand angeordnet. Jede Öffnung versetzt die Brennkammerbaugruppe in die Lage, eine zugeordnete Brennstoffdüse aufzunehmen. Jede Brennstoffdüse erstreckt sich durch die Haube und die Querwand, um Brennstoff in die Brennkammerbaugruppe zu sprühen.

Eine Führung für jede Brennstoffdüse ist in jeder Öffnung in der Querwand angeordnet. Die Führungen sind von der Querwand axial beabstandet und radial beabstandet, so daß dazwischen ein Durchlaß für Kühlluft verbleibt. Ein Halter, der eine insgesamt zylindrische Form hat und sich stromaufwärts zu der Verbrennungshaube erstreckt, ist an der Querwand und der Führung befestigt, um die Führung an der Querwand abzustützen. Ein Antidrehelement erstreckt sich zwischen jeder Brennstoffdüse und jedem Halter, um die Brennstoffdüse an einer Drehung zu hindern.

Für die Betriebslebensdauer des Triebwerkes ist es kritisch, daß der Winkel jeder Brennstoffdüse in Relation zu den Befestigungsnasen innerhalb von vorbestimmten Grenzen bleibt. Wenn die Düse unkorrekt positioniert ist, kann Brennstoff auf die Wände der Brennkammerbaugruppe gesprührt werden, und die Wände können verbrennen.

Darüber hinaus hat das ursprüngliche Triebwerk ein Temperaturprofil in der Umfangsrichtung und in der radialen Richtung für die in die Hochdruckturbine eintretender Gase. Das Temperaturprofil der Gase, welche den Verbrennungsabschnitt um die ringförmige Brennkammerbaugruppe verlassen, muß irgendeinem vorbestimmten Temperaturprofil im wesentlichen angepaßt sein. Eine unrichtige Ausrichtung der Brennstoffdüsen kann bewirken, daß die den Verbrennungsabschnitt verlassenden Gase ein verändertes Temperaturprofil haben, das eine Temperaturdifferenz um den Ring und/oder den Radius der Brennkammerbaugruppe präsentiert. Die Gase, die mit einem Temperaturprofil austreten, das von dem des ursprünglichen Triebwerks wesentlich verschieden ist, können die Laufschaufeln und die Leitschaufeln in dem Turbinenabschnitt übermäßig erhitzen, mit der Folge, daß die Laufschaufeln und die Leitschaufeln oxidieren und schließlich versagen.

Üblicherweise kann eine reparierte Brennkammerbaugruppe eine wesentliche Temperaturdifferenz in seinem Profil haben. Das

Temperaturprofil bewirkt einen vorzeitigen Laufschaufel- und Leitschaufelausfall in dem Turbinenabschnitt. Es gibt eine umgekehrte Beziehung zwischen der Qualität der Reparatur und der Rate vorzeitigen Ausfalls. Die richtige Wartung und Reparatur der Brennkammerbaugruppe ist daher für die Dauerhaftigkeit der Brennkammerbaugruppe und der Turbine und schließlich für die Leistungsfähigkeit des Flugzeuges lebenswichtig.

Die Brennkammerbaugruppe wird üblicherweise in ihrem Leben zwei- bis dreimal repariert. Reparaturen können an den Haltern für die Brennstoffdüsenführungen, den Antidrehelementen, welche auf den Haltern ruhen, den Öffnungen für die Brennstoffdüsenführungen an der Querwand und den Wänden der Brennkammerbaugruppe vorgenommen werden. Der Zugang zu den Wänden für die Reparatur verlangt, daß die innere Wand entfernt wird. Weil die Elemente und die Bereiche an der Querwand, die einer Reparatur bedürfen, direkt unterhalb der Haube der Brennkammerbaugruppe sind, ist es Industriepraxis, die Haube von der Brennkammerbaugruppe abzubauen, um Zugang zu diesen beschädigten Elementen und Bereichen zu gewinnen.

Das Entfernen der Haube erfolgt normalerweise durch Verwendung einer Schneidvorrichtung und einer Haltevorrichtung. Der erste Schritt besteht darin, eine innere Schnittlinie am Umfang der inneren Wand der Haube zu markieren und eine äußere Schnittlinie am Umfang der äußeren Wand der Haube zu markieren. Der nächste Schritt besteht darin, die Brennkammerbaugruppe so zu plazieren, daß die Haube aufwärts in das Zentrum der Schneidvorrichtung gewandt ist. Dann wird die Brennkammerbaugruppe durch die Haltevorrichtung, einen hydraulischen Kalibrierkorb, in ihrer Lage festgehalten.

Der Kalibrierkorb paßt in die Brennkammerbaugruppe und hält die Brennkammerbaugruppe auf dem inneren Durchmesser der Brennkammerhaube in einer Position, die niedriger als die innere Schnittlinie ist. Das Einrichten des Kalibrierkorbes ist zeitraubend und schwierig, weil die Verwendung des Kalibrierkorbes erfordert, mit vielen kleinen Teilen zu arbeiten. Nach-

dem die Brennkammerbaugruppe befestigt worden ist, wird die Schneidvorrichtung benutzt.

Die Schneidvorrichtung hat einen Kurbelarm, einen feststehenden Arm, eine ringförmige Bahn und ein Schneidrad. Ein Zahnradsystem wandelt die Drehbewegung des Drehens des Kurbelarms in die Umfangsbewegung des feststehenden Arms um, der sich längs der Bahn bewegt. Das Schneidrad ist an dem Ende des feststehenden Arms angebracht. Das Schneidrad wird durch ein Luftsystrem angetrieben.

Das Schneidrad wird längs der inneren Schnittlinie positioniert und so oft wie nötig um die Brennkammerbaugruppe gedreht, wie es erforderlich ist, um die metallischen Oberflächen längs der inneren Schnittlinie zu trennen. Das Schneidrad wird dann längs der äußeren Schnittlinie positioniert und gedreht, bis sich die metallischen Oberflächen trennen.

Trotz des Vorhandenseins von solchen Verfahren zum Reparieren der Brennkammerbaugruppen suchen Wissenschaftler und Ingenieure, die unter der Leitung der Anmelderin arbeiten, nach Verfahren zum Reparieren der Brennkammerbaugruppe auf eine Weise, die eine übermäßige Werkstattreparatur- und Wiederzusammenbaupause verhindert und das ursprüngliche Temperaturprofil für den Hochdruckturbineinlaß aufrechterhält.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die Erfahrung basiert zum Teil auf der Erkenntnis, daß das Standardverfahren zum Reparieren einer Brennkammerbaugruppe in der Gasturbinenindustrie mehrere Probleme hervorruft. Erstens, wenn die Brennkammerbaugruppe repariert wird, kann sie Reparaturen an der äußeren Brennkammerwand, der Querwand und der inneren Brennkammerwand der Brennkammerbaugruppe erfordern.

Die innere Brennkammerwand ist normalerweise genietet und läßt sich leicht von der Brennkammerbaugruppe entfernen, so daß ein

mit Haube versehener Querwandteil der Brennkammerbaugruppe zurück bleibt, der die äußere Brennkammerwand und die Querwand umfängt. Das Standardverfahren in der Industrie laft die äußere Wand und die Querwand als ein Teil beieinander, den mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe. Die Reparaturen an den Wänden und der Querwand verlangen Spezialwerkzeuge und Training, weshalb eine Werkstatt innerhalb jeder Reparaturabteilung die Arbeit an den Wänden ausführt und eine andere Werkstatt Reparaturen an der Querwand ausführt. Reparaturen an dem mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe müssen zuerst durch die Werkstatt ausgeführt werden, die an der äußeren Wand arbeitet, dann durch die Werkstatt, die an der Querwand arbeitet. Das Standardverfahren führt zu einer Reparaturzeit für den mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe, die die Summe der Reparaturzeiten für die äußere Wand und die Querwand ist.

Zweitens, die Brennkammerhaube ist an dem inneren Ring und an dem äußeren Ring der Querwandbaugruppe starr befestigt. Diese Befestigung zusammen mit sich einwärts erstreckenden Flanschen längs der Haube und übergangsloses Haltermaterial machen die Haube zu einem Verstärkungselement für die Querwandbaugruppe. Nachdem die Haube entfernt worden ist, ist die Querwandbaugruppe nicht länger starr, und die Querwandbaugruppe bewegt sich zu einem neuen Winkel in Relation zu den Befestigungsnasen. Die Brennstoffdusen erstrecken sich durch die Querwand, weshalb durch Verändern des Querwandwinkels die kritische Beziehung verändert wird, die die Brennstoffdusen zu den Befestigungsnasen haben.

Eine unrichtige Ausrichtung der Brennstoffdusen kann, wie weiter oben erwähnt, das Temperaturprofil der Gase verändern, welche die Brennkammerbaugruppe verlassen und in die Hochdruckturbine eintreten. Die Gase, die mit einem Temperaturprofil austreten, das von dem des ursprünglichen Triebwerks wesentlich verschieden ist, können den stromabwärtigen Kranz von Leitschaufeln und Laufschaufeln in der Turbine übermäßig erhitzten, was zur Zerstörung der Laufschaufeln und der Leit-

scheiteln führt. Bei Anwendung des Standardverfahrens muss die geeignete Werkstatt versuchen, den Düseneinkel bei dem Wiederzusammenbau manuell zu korrigieren.

Danach wird bei dem industriellen Standardverfahren, wie bereits in dem Hintergrund-Abschnitt erwähnt, ein Schneidrad benutzt. Das Schneidrad verursacht einen beträchtlichen Spalt an den Schnittlinien, dessen Breite größer als oder gleich sechzig (60) Tausendstel Zoll ist. Der Wiederzusammenbau verlangt langwierige manuelle Arbeit, die mit hohen Kosten verbunden ist, weil es notwendig ist, Zusatzwerkstoff einzusetzen, um den beträchtlichen Spalt zu füllen, um die Oberflächen glatt ineinander übergehen zu lassen, um die Haube zu konturieren und um übermäßige Schweißarbeiten auszuführen. Reparaturen, die unter Verwendung des Schneidrades ausgeführt werden, erhöhen nicht nur die Wiederzusammenbauzzeit, sondern können auch ernstere Konsequenzen haben.

Das übermäßige Schweißen, das nach Verwendung des Schneidrades notwendig ist, kann zu einer großen Temperaturdifferenz an der ringförmigen Brennkammerbaugruppe führen, indem die Luftströmung in der Brennkammerbaugruppe unterbrochen wird. Wenn die Luftströmung unterbrochen wird, verändert sich die Stärke der Kühlung, um die ringförmige Brennkammerbaugruppe und bewirkt, daß sich die Temperatur innerhalb der Brennkammerbaugruppe ändert. Die Temperaturdifferenz verursacht Variationen in dem Temperaturprofil für den Hochdruckturbineeinlauf, die zu vorzeitigem Ausfall der Turbinelaufschaufeln und -leitschaufeln führen können, weshalb das Reparieren, das auf die bekannte Art und Weise ausgeführt wird, die Dauerhaftigkeit und den Wirkungsgrad des Triebwerks verringert.

Schließlich sind in die Haube mehrere Befestigungsnäsen integriert, die die Bezugspunkte für die Brennkammeranordnung bilden. Die Erfindung basiert auf der Erkenntnis, daß Werkstätten, die Reparaturen mit dem bekannten Verfahren ausführen, bei dem die Haube entfernt wird, eine Brennkammerbaugruppe produzieren werden, die nicht dieselbe Beziehung zu dem Trieb-

werk wie die ursprüngliche Brennkammerbaugruppe hat.

Gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet ein Verfahren zum Reparieren einer Brennkammerbaugruppe, das eine ringförmige Querwand und eine Brennkammerhaube (die integrierte Befestigungsmaßen aufweist, welche sich von der Haube aus erstrecken) hat, Trennen der ringförmigen Querwand von der Brennkammerbaugruppe, Befestigen der Querwand als ein Teil und Befestigen eines verbleibenden, mit Haube versehenen Teils der Brennkammeranordnung als ein zweites Teil und anschließendes Wiederbefestigen der Querwand an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Querwand abgetrennt, um Reparaturen der Querwand und des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe gleichzeitig statt der Reihe nach auszuführen zu gestatten.

Gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet ein Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe eines Gasturbinentriebwerks die Schritte Befestigen des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe auf einer Reparaturvorrichtung, Auftrennen des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe in wenigstens zwei separate Teile - eine Querwand und einen mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe, unabhängig Befestigen der Querwand und des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe, Wiederbefestigen der Querwand an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe.

Ein primäres Merkmal der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren, welches beinhaltet, Zugang zu den beschädigten Bereichen an oder nahe der Querwand zu gewinnen, durch Trennen der Querwand von der Brennkammerbaugruppe. Ein Merkmal einer Ausführungsform der Erfindung besteht darin, die Querwand unter Verwendung eines Laserschneidsystems abzutrennen. Ein weiteres Merkmal besteht darin, die Teile der Brennkammerbaugruppe und die Querwand unter Verwendung der Reparaturvorrich-

9.  
tung zu positionieren.

Ein Hauptvorteil der vorliegenden Erfindung ist die Geschwindigkeit des Reparierens einer Brennkammerbaugruppe, die aus dem Entfernen der Querwand resultiert, indem gestattet wird, daß das Bearbeiten der Querwand und des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe unabhängig voneinander gehen kann. Ein weiterer Vorteil sind die Dauerhaftigkeit und der Wirkungsgrad eines Gasturbinentriebwerks, bei dem eine reparierte Brennkammerbaugruppe benutzt wird, der daraus resultiert, daß das Entfernen der Haube vermieden wird und daß die Verwendung des Schneidrades vermieden wird, wodurch das ursprüngliche Temperaturprofil für den Hochdruckturbineneinlauf um den Ring der Brennkammerbaugruppe aufrechterhalten wird. Noch ein weiterer Vorteil sind die Geschwindigkeit und die Einfachheit des Wiederzusammenbaus, der aus dem Entfernen der Querwand resultiert, indem eine schwierige manuelle Ausrichtung der Brennstoffdüsenwinkel vermieden wird. Die Geschwindigkeit und die Einfachheit des Wiederzusammenbaus resultieren auch aus dem Entfernen von Material mit dem Lasersystem, indem manuelle und möglicherweise automatisierte Schweißarbeiten gestattet werden und indem ein wesentlicher Materialverlust vermieden wird, wodurch die Notwendigkeit vermieden wird, einen wesentlichen Spalt zu füllen und die Oberflächen glatt zu schleifen. Noch ein weiterer Vorteil besteht darin, daß ermöglicht wird, daß die reparierte Brennkammerbaugruppe dieselbe Beziehung zu dem Triebwerk hat, was aus dem Vermeiden des Entfernen der Haube resultiert.

Die vorstehenden Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Lichte der folgenden ausführlichen Beschreibung der besten Art der Ausführung der Erfindung und der beigefügten Zeichnung deutlicher werden.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht des Gasturbinentriebwerks, das an einem Flugzeugtragflügel befestigt ist und teilweise aufgebrochen dargestellt ist, um die inneren Teile eines Verbrennungsabschnitts und eines Turbinenabschnitts sichtbar zu machen.

Fig. 2 ist eine vollständige perspektivische Ansicht einer Brennkammerbaugruppe in einem uninstallierten Zustand.

Fig. 3 ist eine Endansicht der Brennkammerbaugruppe, die teilweise weggebrochen dargestellt ist, um eine Brennstoffdüse und eine Brennkammerhaube sichtbar zu machen, wobei innere Teile einer Querwand zu erkennen sind.

Fig. 4 ist eine vergroßerte Seitenansicht nach der Linie 4-4 in Fig. 3, die die Brennkammerbaugruppe so zeigt, wie sie während einer Reparaturarbeit erscheint, nachdem eine innere Brennkammerwand entfernt worden ist.

Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht nach der Linie 5-5 in Fig. 6, die einen Querschnitt einer Querwandbaugruppe zeigt.

Fig. 6 ist eine Seitenansicht eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe, wobei innere Teile der Brennkammerbaugruppe weggebrochen worden und so gezeigt sind, wie sie während der Reparaturarbeit erscheinen.

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht nach der Linie 7-7 in Fig. 6, die eine Haltebaugruppe zeigt, wie sie während der Reparaturarbeit erscheint, und die Beziehung zwischen einigen der Elemente der Haltebaugruppe, die in Fig. 6 dargestellt sind.

Fig. 8 ist eine Seitenansicht der Brennkammerbaugruppe, wie sie während einer Prozedur zum Wiederanbauen einer Querwand an einen mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe erscheint.

## BESTER WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFindUNG

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines Gasturbinentriebwerks 20, das an einem Flugzeugtragflügel befestigt ist. Das Triebwerk hat einen Verdichtungsabschnitt 22, einen Verbrennungsabschnitt 24 und einen Turbinenabschnitt 26. Ein ringförmiger Strömungsweg 28 für Arbeitsmediumgase erstreckt sich axial durch diese Abschnitte des Triebwerks. Ein Triebwerksgehäuse 30 erstreckt sich axial durch das Triebwerk, um den Strömungsweg zu begrenzen.

Das Triebwerksgehäuse 30 ist teilweise weggebrochen worden, um einen Teil des Verbrennungsabschnitts 24 und des Turbinenabschnitts 26 zu zeigen. Der Verbrennungsabschnitt umfasst eine Brennkammerbaugruppe 32 und mehrere Brennstoffdüsen, die durch die einzelnen Brennstoffdüsen 34 repräsentiert werden. Der Turbinenabschnitt umfasst einen Kranz von Leitschaufeln, die durch die Leitschaufel 36 repräsentiert werden. Die Leitschaufern erstrecken sich radial über den Strömungsweg für Gase an einer Stelle stromabwärts der Brennkammer. Ein Kranz von Laufschaufeln (nicht gezeigt) befindet sich stromabwärts der Brennkammerbaugruppe und erstreckt sich an einer Stelle stromabwärts des Kranzes von Leitschaufeln radial.

Fig. 2 ist eine perspektivische vollständige Ansicht der Brennkammerbaugruppe 32 in einem uninstuierten Zustand. Die Brennkammerbaugruppe hat ein stromaufwärtsiges Ende 38 und ein stromabwärtsiges Ende 40. Die Brennkammerbaugruppe hat eine innere Brennkammerwand 42 und eine äußere Brennkammerwand 44, die sich zwischen den Enden erstrecken. Die Wände haben eine Kappe in Form einer Brennkammerhaube 46. Mehrere Öffnungen 47 sind umfangsmäßig um die Haube angeordnet. Eine Querwandbaugruppe (nicht gezeigt) erstreckt sich zwischen den Wänden und liegt direkt unterhalb der Haube. Mehrere Befestigungsnasen 48 sind ein integraler Bestandteil der Haube.

Fig. 3 ist eine Endansicht der Brennkammerbaugruppe 32. Die

Brennkammerbaugruppe und das Triebwerksgehäuse 30 sind der Übersichtlichkeit halber teilweise weggebrochen worden. Die Befestigungsnasen, welche durch die Befestigungsnase 48 repräsentiert werden, erstrecken sich von der Brennkammerbaugruppe aus und jede Befestigungsnase ist dafür vorgesehen, an dem Triebwerksgehäuse befestigt zu werden. In der gezeigten Ausführungsform erfasst ein Stift 50 das Gehäuse und die Befestigungsnase und eine Büchse 52 schützt die Befestigungsnase vor Verschleiß. Die mehreren Brennstoffdusen 34 erstrecken sich durch die Brennkammerhaube 46 und die Querwandbaugruppe 54 unter einem vorbestimmten Winkel, um Brennstoff in die Brennkammerbaugruppe zu spritzen.

Fig. 4 ist eine vergrößerte Seitenansicht eines Teils der Brennkammerbaugruppe 32a. Die Brennkammerbaugruppe hat eine Symmetrieachse A. Fig. 4 zeigt die Brennkammerbaugruppe so, wie sie während einer Reparaturarbeit erscheint, nachdem die innere Brennkammerwand 42 (gestrichelt gezeigt) entfernt worden ist. Nachdem die innere Wand entfernt worden ist, bildet der verbleibende Teil der Brennkammerbaugruppe den mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe 32a. Die innere Wand ist an der Brennkammerbaugruppe integral befestigt, beispielsweise durch Nieten. Die äußere Brennkammerwand 44 ist durch Schweißen befestigt.

Die Querwandbaugruppe 54 erstreckt sich zwischen den beiden Wänden. Die Querwandbaugruppe umfasst einen inneren Ring 56, einen äußeren Ring 57 und eine Querwand 58, welche sich zwischen den beiden Ringen erstreckt. Der innere Ring der Querwandbaugruppe hat eine innere Oberfläche 59. Die innere Wand ist an der inneren Oberfläche des inneren Ringes angenietet. Die Querwand hat eine erste Oberfläche 60, die dem stromaufwärtigen Ende 38 der Brennkammerbaugruppe zugewandt ist. Die Brennkammerhaube 46 bedeckt die erste Oberfläche der Querwand. Die mehreren Befestigungsnasen, die durch die Befestigungsnase 48 repräsentiert werden, sind ein integraler Bestandteil der Haube.

Die mehreren Öffnungen, die durch die Öffnung 47 repräsentiert werden, sind umfangsmäßig um die Haube 46 angeordnet. Mehrere Öffnungen, die durch die Öffnung 62 repräsentiert werden, sind umfangsmäßig um die Querwand angeordnet. Jede Öffnung versetzt die Brennkammerbaugruppe in die Lage, eine zugeordnete Brennstoffdüse 34 zu empfangen, die in dieser Figur der Übersichtlichkeit halber weggebrochen dargestellt ist. Jede Brennstoffdüse erstreckt sich durch die Haube und die Querwand, um Brennstoff in die Brennkammerbaugruppe zu sprühen.

Mehrere Führungen, die durch die Führung 64 (gestrichelt dargestellt) repräsentiert werden, sind jeweils in einer der Öffnungen 62 in der Querwand 58 angeordnet. Die Führungen sind von der Querwand axial beabstandet und radial beabstandet, so dass ein Durchlauf für Kuhlluft 66 dazwischen sichtbar ist. Ein Stromungsweg 67 für Kuhlluft erstreckt sich durch den Durchlauf. Mehrere Halter, welche durch den Halter 68 repräsentiert werden, sind an der ersten Oberfläche 60 der Querwand und der Führung befestigt. Die Halter verbinden die Führungen mit der Querwand. Die Halter erstrecken sich zu dem stromaufwärtigen Ende 38 der Brennkammerbaugruppe und der Haube 46. Die Brennkammerbaugruppe kann andere Elemente aufweisen, die nicht gezeigt sind, wie z.B. mehrere Antidrehellemente, die sich zwischen jeder Brennstoffdüse und jedem Halter erstrecken, um die Brennstoffdüse an einer Drehung zu hindern.

Die Brennkammerbaugruppe hat eine Bezugsebene B, die durch drei Punkte definiert ist, wo jeder der drei Punkte an derselben relativen Stelle an einer separaten Befestigungsnase 48 ist. Eine Mittellinie C für die Öffnung 62 für die Brennstoffdüse zeigt die Orientierung der Brennstoffdüse in bezug auf die Bezugsebene B. Eine Bezugslinie A' ist eine Linie, die zu der Symmetrieachse A parallel ist und die Linie C schneidet.

Eine radiale Bezugsebene P enthält die Achse A und die Linie C. Die Ebene P schneidet die Querwand 58 in einer Bezugslinie L. Die Ebene P schneidet die Ebene B in einer Bezugslinie BL.

Ein Winkel zwischen der Bezugslinie L und der Bezugslinie BL ist der Winkel der Querwand (Querwandwinkel) in bezug auf die Bezugsebene B für die Brennkammerbaugruppe. Er ist außerdem gleich einem Winkel zwischen der Linie C und der Linie A. Deshalb repräsentiert der Querwandwinkel den Winkel der Querwand in Relation zu den Befestigungsnasen. Der Querwandwinkel  $\alpha$  ist in der ursprünglich hergestellten Brennkammerbaugruppe präzise bestimmt und misst in der gezeigten Ausführungsform etwa fünfzehn Grad ( $15^\circ$ ).

Ein inneres Trenngebiet 70 und ein äußeres Trenngebiet 72 erstrecken sich umfangsmäßig um die Querwand. Die Trenngebiete werden üblicherweise als die Schnittlinien bezeichnet. Bei dem bekannten Reparaturverfahren werden eine innere Schnittlinie 74 und eine äußere Schnittlinie 76 benutzt.

Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht der Querwandbaugruppe 54 nach der Linie 5-5 in Fig. 6. Die Querwandbaugruppe umfaßt den inneren Ring 56 und den äußeren Ring 57, die durch die Querwand 58 miteinander verbunden sind. Die mehreren Offnungen 62 für die Brennstoffdüsen sind in der Querwand angeordnet. Die Querwand wird längs eines inneren Umfangs der Querwand an der Schnittlinie 70 und längs eines äußeren Umfangs an der Schnittlinie 72 abgetrennt. Vor dem Abtrennen der Querwand werden mehrere Bezugslinien 73 von dem inneren Ring aus auf die Querwand und dann von dem äußeren Ring aus auf die Querwand mit einer vorbestimmten gegenseitigen Beziehung gezogen, welche gewährleistet, daß die Querwand in dieselbe Umfangsposition zurückgebracht wird, aus der sie entfernt worden war.

Fig. 6 ist eine Seitenansicht des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe 32a, wie er während einer Reparaturarbeit erscheint. Eine Reparaturvorrichtung 78 zum Drehen und Tragen des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe erfaßt die Befestigungsnasen 48 des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe. Die Reparaturarbeiten finden um die Symmetrieachse A der Brennkammerbaugruppe statt. Ein Laserstrahl 80 wird innerhalb der

Brennkammerbaugruppe zum Schneiden um die Querwand 58 positioniert.

Die Reparaturvorrichtung 78 umfaßt eine Haltebaugruppe 82 und eine Rotatorbaugruppe 84. In der gezeigten Ausführungsform umfaßt die Haltebaugruppe eine Stahlgrundplatte 86, eine Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand 88 und eine Aluminiummittelpinne 90. In anderen Ausführungsformen kann die Haltebaugruppe die Grundplatte und die Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand umfassen, wobei die Mittelpinne zu einem integralen Bestandteil der Grundplatte geworden ist.

Die Grundplatte 86 umfaßt eine Mittelloffnung 92, aufgrund welcher die Grundplatte zur Drehung um die Symmetrieachse A in der Lage ist. Die Grundplatte hat einen äußeren Rand 94, der sich von der Grundplatte aufwärts und in Umfangsrichtung um die Grundplatte erstreckt. Mehrere Stiftlöcher, wie sie durch das Stiftloch 96 repräsentiert werden, erstrecken sich durch den äußeren Rand der Grundplatte. Mehrere Paßstifte, wie sie durch den Paßstift 98 repräsentiert werden, erstrecken sich durch die Stiftlöcher. Ein Hohlraum 100 zwischen dem äußeren Rand der Grundplatte und der Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand 88 empfängt die Befestigungsnasen (nicht gezeigt). Die Befestigungsnasen werden durch die Paßstifte erfaßt.

Die Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand 88 umfaßt eine Weiterschaltplatte 102, die an der Grundplatte 86 befestigt ist. Die Weiterschaltplatte hat ein mittiges Loch 104, welches ermöglicht, daß ein Paßzylinder 105 durch die Weiterschaltplatte hindurchgeführt werden kann. In anderen Ausführungsformen ist die Weiterschaltplatte an der Grundplatte statt befestigt, beispielsweise durch Schrauben, und aufgrund dieser starren Befestigung ist die Weiterschaltplatte auf der Rotatorbaugruppe zentriert. Mehrere Stopfenlöcher, die durch das Stopfenloch 106 repräsentiert werden, dargestellt durch die gestrichelten Linien, sind am Umfang der Weiterschaltplatte angeordnet. Mehrere Stopfen, die in Fig. 8 gezeigt sind, fas-

sen in die Stopfenlöcher der Weiterschaltplatte ein.

Die Mittelplatte 90 hat Paßflächen 108, welche die Grundplatte 86 in der Grundplattenmittelloffnung 92 erfassen. Die Mittelplatte hat ein mittiges Loch 110 zum Aufnehmen des Paßzyinders 105.

Die Haltebaugruppe hat Schraubenhöcher (nicht dargestellt) zum starten Befestigen der Haltebaugruppe an der Rotatorbaugruppe 84. Die Rotatorbaugruppe umfaßt die Einrichtung zum Hervorrufen der Relativdrehung der Haltebaugruppe in bezug auf das Lasersystem 80 in Form eines Drehtisches 112. Der Drehtisch hat ein mittiges Loch 114 zum Aufnehmen des Paßzyinders 105.

Eine Schneidvorrichtung in Form eines Laserstrahls 80 kann innerhalb des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe 32a platziert werden. Die Laserdusenbaugruppe 116 kann nahe der Querwand 58 positioniert werden. Die Laserdusenbaugruppe umfaßt ein Objektiv (nicht dargestellt). Eine Meßuhr 118 ist benachbart zu dem mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe angeordnet. Die Meßuhr ist mit einem festen Ralter verbunden, wie er durch die Meßuhr dargestellt ist, die mit einem Lasersystem 119 durch einen Magneten verbunden ist. Die Meßuhr erfaßt die innere Oberfläche 59 des inneren Ringes 56 der Querwandbaugruppe 54.

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht nach der Linie 7-7 in Fig. 6, die eine Haltebaugruppe 82 zeigt, wie sie während einer Reparaturarbeit erscheint, und die Beziehung zwischen einigen der Elemente der Haltebaugruppe, die mit Bezug auf Fig. 6 erläutert worden sind. Die Haltebaugruppe hält die Brennkammerbaugruppe 32 (nicht gezeigt) in Position. In der gezeigten Ausführungsform umfaßt die Haltebaugruppe die Stahlgrundplatte 86, die Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand 88 und die Mittelplatte 90.

Die Grundplatte 86 hat die mittige Öffnung 92, aufgrund welcher die Grundplatte um die Symmetrieachse A der Brennkammer-

baugruppe drehbar ist. Der äußere Rand 94 erstreckt sich von der Grundplatte aufwärts und in Umfangsrichtung um die Grundplatte. Die Stiftlöcher 96 erstrecken sich durch den äußeren Rand der Grundplatte. Die Paßstifte 98 erstrecken sich radial einwärts durch die Stiftlöcher und haben die dargestellte Beziehung. Der Hohrraum 100 zwischen dem äußeren Rand der Grundplatte und der Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand 88 empfängt die Befestigungsnäse 48. Die Befestigungsnäse werden durch die Paßstifte erragt.

Die Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand 88 umfaßt die Weiterschaltplatte 102, die an der Grundplatte 86 befestigt ist. Die Stopfenlöcher 106 sind umfangmäßig um die Weiterschaltplatte angeordnet.

Die Grundplatte 86 und die Weiterschaltplatte 102 der Haltebaugruppe haben jeweils mehrere Hublöcher 120, die umfangmäßig um die beiden Platten angeordnet sind. Die Grundplatte und die Weiterschaltplatte der Haltebaugruppe haben Schraubenlöcher (nicht gezeigt) zum starren Befestigen der Haltebaugruppe an der Rotatorbaugruppe (nicht gezeigt).

Die Mittelplatte 90 erragt die Grundplatte 86 in der mittigen Öffnung 92 der Grundplatte.

Das Loch in dem Zentrum der Haltebaugruppe erstreckt sich durch die Mittelplatte 90 und durch die Weiterschaltplatte 102 zum Aufnehmen des Paßzylinders (nicht gezeigt).

Fig. 8 ist eine Seitenansicht einer Brennkammerbaugruppe 32b. Fig. 8 zeigt die Brennkammerbaugruppe, wie sie während einer Prozedur zum Wiederbefestigen der Querwand 58 an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe 32b erscheint. Nachdem die innere Wand 42 und die Querwand entfernt worden sind, bildet der verbleibende Teil der Brennkammerbaugruppe den mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe. Fig. 8 macht auch die Eigenschaften von einigen der Elemente der Haltebaugruppe der Reparaturvorrichtung klar, die mit Bezug auf die

Fig. 6 und 7 erläutert worden sind.

Die Reparaturvorrichtung 78 trägt den mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe 32b. Die Reparaturvorrichtung umfasst die Haltebaugruppe 32, die Rotorbaugruppe (nicht gezeigt), den Pakzyylinder 105 und eine Spundplatte 122. In der gezeigten Ausführungsform umfasst die Haltebaugruppe die Grundplatte 36, die Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand 88 und die Mittelpfplatte 90.

Bei der Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand 88 sind, wie weiter oben erwähnt, die Stopfenlocher 106 an dem Umfang angeordnet. Jedes Stopfenloch hat einen Winkel parallel zu dem ursprünglichen Querwandwinkel  $\alpha$  zum Richten der Querwand und eine Tiefe  $d$  zum Ausrichten der Querwand mit der Oberfläche, die dem inneren Ring 56 benachbart ist, der an der Brennkammerbaugruppe 32 befestigt geblieben ist. Die Stopfen 124 erfassen die Stopfenlocher zum Richten und Ausrichten der Querwand bei dem wiederzusammenbauen der Brennkammerbaugruppe. Jeder Stopfen hat einen Handknopf 126, der sich von dem Stopfen nach außen erstreckt, um das Entfernen des Stopfens zu gestatten. Alternativ würde jeder Vorsprung genügen, der das Entfernen des Stopfens gestattet.

Die Spundplatte 122 aus Aluminium hat eine Oberfläche 128, die einen derartigen Durchmesser hat, daß sie an der inneren Oberfläche 59 an dem inneren Ring 56 benachbart zu der Position der Querwand 88 zu liegen kommt. Der Spund hat mehrere Löcher (nicht gezeigt), die am Umfang der Spundplatte für eine Vorrichtung zum Einführen und Entfernen der Spundplatte aus der Brennkammerbaugruppe angeordnet sind.

Während des Betriebes des Gasturbinentriebwerks 20, das in Fig. 1 gezeigt ist, strömen Gase längs des Strömungsweges 28. Wenn die Gase längs des Strömungsweges strömen, werden die Gase in dem Verdichtungsabschnitt 22 verdichtet und mit Brennstoff in dem unter Druck gesetzten Verbrennungsabschnitt 24 verbrannt, um den Gasen Energie hinzuzufügen. Die Gase werden

zu dem Turbinenabschnitt 26 geleitet. Der Turbinenabschnitt wandelt die Energie in den Gasen in Arbeit und Schub um.

Der Verbrennungsabschnitt 24 umfaßt die Brennkammerbaugruppe 32. während des Betriebes des Triebwerks wird die Brennkammerbaugruppe mit den heißen Gasen beaufschlagt. Diese Gase, die durch die Brennkammerbaugruppe strömen, verursachen Verspannung und Rißbildung an Teilen der Brennkammerbaugruppenwand 42, 44. Die Verspannung und die Rißbildung sind auf Kräfte zurückzuführen, welche auf die Brennkammerbaugruppe ausgeübt werden, sowie auf Temperaturzyklen, die die Arbeitszustände des Triebwerks begleiten. Gemäß der Darstellung in Fig. 4 sind die Brennstoffdüsenführungen 64 jeweils mit einem zugeordneten Halter 68 verschweißt. Kühl Luft strömt längs des Stromungswegs 67. Der Stromungsweg für die Kühl Luft erstreckt sich durch einen Kühl luftdurchlaß 66. Der axiale Zwischenraum, durch den sich der Kühl durchlaß erstreckt, wird aufgrund der Kräfte und der Temperaturzyklen verkleinert, die während des Betriebes auftreten, und die Kühl Luft wird infolgedessen abgesperrt. Deshalb müssen die Brennstoffdüsenführungen ausgetauscht werden, und jeder Schaden an der Querwand muß repariert werden.

Darüber hinaus verursacht die Bewegung von Teilen, welche der Brennstoffdüse 34 zugeordnet sind, wie z.B. die Antidrehellemente an dem Brennstoffdüsenführungshalter 68, während des Triebwerksgebrauches Verschleiß an dem Antidrehellement, so daß das Antidrehellement ausgetauscht werden muß, und Verschleiß, so daß der Halter repariert werden muß. Die vorliegende Erfindung ist auf ein Verfahren zum Reparieren der Brennkammerbaugruppe gerichtet.

Üblicherweise wird die Brennkammerbaugruppe 32 ohne die Brennstoffdüsenführungen 64 und die innere Brennkammerwand 42 in eine Reparaturabteilung kommen. Wenn die Brennstoffdüsenführungen vorhanden sind, werden sie von der Querwand 158 durch spanabhebende Bearbeitung entfernt. Wenn die innere Wand 42 vorhanden ist, werden die Nieten, welche die innere Wand festhalten, durch spanabhebende Bearbeitung entfernt, und die in-

neren Wand wird entfernt. Der übrige Teil der Brennkammerbaugruppe wird als "der mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe 32a" bezeichnet.

Die vorliegende Erfindung beinhaltet ein Verfahren zum Reparieren des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe 32a und umfasst die folgenden Schritte. Gemäß der Darstellung in Fig. 6 besteht der erste Schritt darin, den mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe auf der Reparaturvorrichtung 78 abzustützen. Dieser Schritt beinhaltet das Zentrieren der Mittelplatte 90 auf der Einrichtung zum Drehen der Brennkammerbaugruppe wie einem Drehtisch 112 durch Plazieren der Mittelplatte auf dem Drehtisch und Hindurchführen des Paßzylinders 105 durch die Mittelplatte und das Loch 114 in dem Drehtisch.

Dann wird die Grundplatte 86 mit daran befestigter Weiterschalteinrichtung 88 auf der Mittelplatte 90 zentriert, indem die Grundplatte auf der Mittelplatte plaziert wird, und der Paßzylinder 105 durch die Weiterschaltplatte 102, die Mittelplatte 90 und den Drehtisch 112 hindurchgeführt wird.

Der nächste Schritt besteht darin, den mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe 32a auf der Haltebaugruppe 82 zu zentrieren. Das beinhaltet die Schritte Erfassen der Befestigungsnasen 48 mit den Paßstiften 98 und Justieren der Lage des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe auf der Haltebaugruppe, bis er mit der Haltebaugruppe konzentrisch ist. Die Paßstifte und die Meßuhr 118 werden benutzt. Die Meßuhr ist benachbart zu dem mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe auf einem festen Halter wie dem Lasersystem 119 angeordnet und läuft auf der inneren Oberfläche 59 des inneren Ringes 56 der Querwandbaugruppe 54.

Der nächste Schritt besteht darin, den mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe 32a in wenigstens zwei separate Elemente aufzutrennen, von denen eines die Querwand

58 ist. Das Abtrennen der Querwand 58 beinhaltet die Schritte hervorrufen von zwei Trennungen durch Machen eines Trennschnittes an der Querwand an einer inneren Schnittlinie 70 und an einer äußeren Schnittlinie 72. Die Verwendung eines Laserstrahls 80 führt zu einem Trennschnitt von etwa 0,1514 mm (sechs (6) Tausendstel Zoll) Breite bis etwa 0,3032 mm (acht (8) Tausendstel Zoll) Breite. Bei anderen Ausführungsformen kann beispielsweise ein Wasserstrahl benutzt werden, der einen Trennschnitt von etwa 0,762 bis 1,016 mm (dreißig (30) Tausendstel bis 40 (40) Tausendstel Zoll) Breite hat, oder ein Plasmuschneidsystem, das einen Trennschnitt von etwa 0,4064 mm (sechzehn (16) Tausendstel Zoll) Breite hat.

Geäß der Darstellung in Fig. 5 beinhalten die Schritte zum hervorrufen der Trennung das Markieren der Bezugslinien 73 auf der Querwand 58, dem inneren Ring 56 und dem äußeren Ring 57 der Querwandbaugruppe 54. Gemäß der Darstellung in Fig. 6 wird der Laserstrahl 80 (Laserdyne, Modell Nr. 780, Lumonics Corporation) positioniert, um Material längs des inneren Trennbereiches und längs des äußeren Trennbereiches an der Querwand unter Verwendung der Schnittlinien 70 bzw. 72 abzutragen. Der Laser arbeitet mit einer Geschwindigkeit, die von der Materialdicke der Querwand abhängig ist, und mit einer Leistungseinstellung, bei der das Querwandmaterial durchdrungen wird und thermische Verwindungen von benachbarten Oberflächen oder zerstörerischer Austrittsschaden an der Haube 46 vermieden wird. Der Laser ist für diese Funktion besonders geeignet.

Die Laserdüsenbaugruppe 116 hat ein Objektiv, welches die Energie aus dem Laserstrahl so fokussiert, daß die maximale Energieabgabe an der Querwand erfolgt und die Energie an Stellen unter der Querwand verbraucht wird. Nach dem Abtragen von Material durch eine Drehung um dreihundertsechzig (360) Grad längs des inneren Trennbereiches und längs des äußeren Trennbereiches trägt daher der Laserstrahl kein Material von der Haube oder anderen Gebilden ab. Darüber hinaus gestattet der Brennpunkt des Laserstrahls gekoppelt mit der minimalen Wärme-

die von dem Laserstrahl abgegeben wird, daß Oberflächen, die den Trenngebieten benachbart sind, minimale thermische Verhüdungen erfahren.

Es ist wichtig, wenn die Reparaturvorrichtung 78 benutzt wird, die die Brennkammerbaugruppe an den Befestigungsnasen 48 tritt, daß während des Schneidvorganges die Querkräfte an den Befestigungsnasen minimal sind und daß die resultierenden Kräfte an den Befestigungsnasen diese auf Druck beanspruchen. Die Befestigungsnasen sind, wie weiter oben erläutert, bezüglich einer Scherbeanspruchung schwach. Die Befestigungsnasen können daher nicht in der Lage sein, sich den Querkräften der Schneidvorrichtung zu widersetzen, und infolgedessen können die Befestigungsnasen während eines Umfangsschneidvorganges losschnappen. Der Laserstrahl übt jedoch minimale Querkräfte auf die Brennkammerbaugruppe während des Umfangsschneidvorganges aus, so daß die Befestigungsnasen nicht brechen können.

Darüber hinaus muß die Reparaturvorrichtung die Brennkammerbaugruppe während des Schneidvorganges sicher festhalten. Anders als das Schneidrad übt der Laser minimale Kräfte in Form von Spannung und Vibration aus, so daß die Reparaturvorrichtung die Brennkammer sicher festhält. Diese Kräfte machen die Brennkammerbaugruppe auf der Reparaturvorrichtung nicht so unstetig, daß Schneiden nicht möglich ist.

Bei anderen Ausführungsvormen der vorliegenden Erfindung kann eine Vielfalt von Schneidvorrichtungen anstelle des Lasers benutzt werden. Eine solche Vorrichtung ist die in der Hand gehaltene Lüftschleifvorrichtung mit einem Schneidrad. Das ist das herkömmliche Werkzeug, das zum Entfernen der Haube bei dem bekannten Verfahren benutzt wird und hier angewandt werden kann. Außerdem können Sanker mit dem Schneidrad benutzt werden, um diese Ausführungsform zu verbessern. Eine weitere Vorrichtung ist ein Wasserstrahlschneidsystem mit einem abrasiven Mittel in dem Wasser, falls notwendig, um die Trennung zwischen Schnittflächen zu verursachen. Ein Stoff wie z.B. Schaumstoff muß zwischen dem Strahl und der Haube angeordnet

werden, um zu verhindern, daß der Strahl zerstörerischen Ausstrittsschaden an der Haube verursacht. Eine weitere Möglichkeit ist ein Plamaschneidsystem, das einem verfeinerten Schweißbrenner gleichen kann, es muß jedoch ein Stoff zwischen dem Plamaschneidsystem und der Haube angeordnet werden, um zerstörerischen Ausstrittsschaden an der Haube zu verhindern. Eine weitere Möglichkeit ist eine mit elektrischer Entladung arbeitende Vorrichtung zur spanabhebenden Bearbeitung, bei der eine Elektrode benutzt wird, um die Trennungen vorzunehmen. Außerdem kann eine Drehbank mit einem Einstahl trennwerkzeug oder eine Fräsmaschine mit einem herkömmlichen Fräser benutzt werden. Der Begriff "Schniedvorrichtung" umfaßt nicht nur diese Ausführungsformen, sondern beinhaltet jede Vorrichtung, die den Schnitt ausführen könnte, ohne die Haube, die benachbarten Oberflächen oder die Befestigungsnasen zu beschädigen, während die Reparaturvorrichtung in der Lage ist, die Brennkammerbaugruppe sicher festzuhalten.

Nachdem das Trennen vollendet ist, besteht der nächste Schritt darin, die Querwand 58 und den mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe 32b unabhängig voneinander zu reparieren. Dieser Schritt beinhaltet das Entfernen der Querwand von dem mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe 32a, das Entfernen des verbleibenden, mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe von der Reparaturvorrichtung 78 und das Reparieren der Querwand und des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe, je nach Notwendigkeit, durch die erforderlichen Spezialisten. Die übliche Reparatur dieser Teile beinhaltet, daß die Antidrehelemente, die Halter 68 für die Brennstoffdüsenführungen 64, die Querwand 58, die äußere Wand 44 oder irgendein anderes Teil, das eine Reparatur verlangt, in Ordnung gebracht werden.

Gemäß der Darstellung in Fig. 8 besteht der letzte Schritt darin, die Querwand 58 wieder an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe 32b zu befestigen, was die folgenden Schritte beinhaltet. Erstens, der mit Haube versehene Teil der Brennkammerbaugruppe wird auf der Reparaturvorrichtung 78 an-

gebracht, indem die Paßstifte 98 im Eingriff gebracht werden. Die Querwand 58 wird bündig mit dem Teil der Querwandoberfläche an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe unter Verwendung der Bezugslinien 73 und der Stopfen 124 positioniert. Die Spundplatte 122 wird in den mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe an der inneren Oberfläche 59 des inneren Ringes 56 der Querwandbaugruppe 54 gepreßt. Die Spundplatte ist vorgesehen, um die Kreisform des inneren Umfangs der Brennkammerbaugruppe 32 und die Konzentrität der Brennkammerbaugruppe während des Reparaturvorganges aufrecht zu erhalten. Abschreckplatten aus Kupfer werden in die Öffnungen 62 für die Brennstoffdüsen 34 eingeführt. Die nächsten Schritte bestehen aus einem Heftschweißen längs des inneren Umfangs der Schnittfläche der Querwand und einem anschließenden Heftschweißen längs des äußeren Umfangs der Schnittfläche der Querwand.

Die Reihenfolge ist bei vielen Schritten nicht von Bedeutung. Eine Ausnahme ist die Reihenfolge der Heftschweißschritte. Jede der beiden Schnittflächen der Querwand muß mit der entsprechenden Fläche an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe 32b verbunden werden. Der innere Umfang der Querwand wird an dem inneren Ring 56 befestigt, und der äußere Umfang der Querwand wird an dem äußeren Ring 57 der Querwandbaugruppe 54 befestigt. Wenn das Schweißen des äußeren Umfangs vor dem Schweißen des inneren Umfangs stattfinden sollte, würde der innere Rand der Querwand unter die benachbarte Oberfläche des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe aufgrund von Verwindungen der Querwand sinken, welche das Schweißen begleiten. Das Schweißen des inneren Umfangs nach dem Schweißen des äußeren Umfangs würde verlangen, daß ein Schweißer gleichzeitig die Querwand anhebt, so daß der innere Umfang mit der benachbarten Oberfläche bündig ist, und schweißt. Das Hochhalten der Querwand und gleichzeitiges Schweißen ist schwierig. Wenn der innere Umfang zuerst geschweißt wird, verwindet sich der äußere Umfang derart, daß der äußere Rand der Querwand sich über die benachbarte Oberfläche des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe

anhebt. Das Schweißen des äußeren Umfanges nach dem Schweißen des inneren Umfanges würde verlangen, daß der Schweißer gleichzeitig die Querwand niederhält, so daß der äußere Umfang mit der benachbarten Oberfläche abündig ist, und schweift. Das Niederhalten der Querwand und Schweißen ist relativ einfach. Demgemäß sollte das Schweißen von dem inneren Umfang zu dem äußeren Umfang forschreiten.

Das Schweißen braucht nicht an dem inneren Umfang vollständig abgeschlossen zu werden, bevor auf den äußeren Umfang übergegangen wird. Gute Ergebnisse wurden erzielt, indem Heftschweißungen mit etwa 6,35 mm (ein Viertel (0,25) Zoll) bis etwa 12,7 mm (ein halbes (0,50) Zoll) gegenseitigem Abstand an dem inneren Umfang hergestellt wurden. Dann wurden Heftschweißungen mit etwa 6,35 mm (ein Viertel (0,25) Zoll) bis etwa 12,7 mm (ein halbes (0,50) Zoll) gegenseitigem Abstand an dem äußeren Umfang hergestellt. Die folgenden Schritte bestehen darin, etwa 101,6 bis 152,4 mm (vier (4) Zoll bis sechs (6) Zoll) Streifen an dem inneren Umfang an versetzten Stellen zu schweißen und den übrigen Teil des inneren Umfangs zu schweißen. Nur der übrige Teil des inneren Umfangs braucht geschweißt zu werden, da die versetzten Schweißstreifen Qualitätschweißungen mit dem geeigneten Einbrand sind. Die verbleibenden Schritte bestehen darin, etwa 101,6 bis 152,4 mm (vier (4) Zoll bis sechs (6) Zoll) Streifen an dem äußeren Umfang an versetzten Stellen zu schweißen und den übrigen Teil des äußeren Umfangs zu schweißen. Nur der übrige Teil des äußeren Umfangs braucht geschweißt zu werden, da die versetzten Schweißstreifen Qualitätschweißungen mit dem passenden Einbrand sind. Die Stopfen 124 erlauben zwar, daß der Querwandwinkel  $\alpha$ , wie er in Fig. 4 gezeigt ist, grob korrekt ist, durch das Schweißen wird jedoch der Winkel etwas verzogen, weil dieser Winkel für die Lebensdauer des Triebwerks so kritisch ist, besteht der nächste Schritt darin, die Brennkammerbaugruppe 32 mechanisch zu manipulieren, um den ursprünglichen Querwandwinkel  $\alpha$  wieder herzustellen.

Der Schritt des Manipulierens der Brennkammerbaugruppe 32 zum

Wiederherstellen des Querwandwinkels  $\alpha$  ist ein unabhängiger Arbeitsgang. Die Brennkammerbaugruppe wird von der Reparaturvorrichtung 18 abgenommen und auf einem Hydraulikzylinder platziert. Eine Platte, die eine derartige Kontur hat, daß die Ränder abgeschrägt und glatt poliert sind, so daß die Platte innerhalb der Brennkammerbaugruppe paßt, wird innerhalb der Brennkammerbaugruppe platziert und nach unten gezogen, bis die Beziehung zwischen der Querwand und den Befestigungsnasen, wie sie durch den Querwandwinkel  $\alpha$  repräsentiert wird, wiederhergestellt ist.

Die vorliegende Erfindung hat mehrere Vorteile gegenüber dem bekannten Reparaturverfahren. Während des Reparaturvorganges kann der mit Haube versehene Querwandteil der Brennkammerbaugruppe 32a Reparaturen an der äußeren Brennkammerwand 44 und der Querwand 58 erforderlich machen. Ein Hauptvorteil der vorliegenden Erfindung ist die Geschwindigkeit des Reparierens des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe, die aus dem Entfernen der Querwand resultiert, durch ermöglichen der Bearbeitung der Querwand als einem ersten Teil und Bearbeiten der äußeren Wand als einem zweiten Teil. Jede dieser Reparaturen, die Spezialwerkzeuge und Training sowie eine andere Werkstatt innerhalb jeder Reparaturabteilung erfordern, ermöglicht Arbeiten an den Teilen gleichzeitig auszuführen. Bei dem industriellen Standardverfahren bleiben die äußere Wand und die Querwand als ein Teil zusammen, so daß Reparaturen zuerst durch die Werkstatt ausgeführt werden müssen, die an der äußeren Wand arbeitet, und dann durch die Werkstatt, die an der Querwand arbeitet, es führt deshalb zu einer Reparaturzeit, die die Summe der Reparaturzeiten für die Querwand und die äußere Wand ist. Durch die vorliegende Erfindung wird daher die Reparaturzeit von den Summenreparaturzeiten für jedes Teil auf die Zeit für die längste Reparaturzeit zwischen der Querwand und der äußeren Wand reduziert.

Ein weiterer Vorteil sind die Dauerhaftigkeit und der Wirkungsgrad eines Gasturbinentriebwerks 20, bei dem die reparierte Brennkammerbaugruppe 32 benutzt wird, welcher sich da-

aus ergibt, daß das Entfernen der Haube 46 vermieden und der Laser benutzt wird, wodurch das ursprüngliche Temperaturprofil des Hochdruckturbineinlasses an dem Ring der Brennkammerbaugruppe aufrechterhalten wird. Die Haube ist ein verstarkendes Element für die Querwand 58, wodurch der Winkel aufrechterhalten wird, den die Querwand in Relation zu den Befestigungsnasen 48 bildet, wobei dieser Winkel gleich dem Querwandwinkel  $\alpha$  ist. Durch das Nichtentfernen der Haube benutzt die vorliegende Erfindung die Haube zum starken Halten der Querwand und zum Verhindern, daß sich die Querwand zu einem neuen Winkel bewegt. Gemäß der Darstellung in Fig. 3 erstrecken sich die Brennstoffdüsen 34 durch die Haube und die Querwand, ein Verändern des Querwandwinkels  $\alpha$  verändert deshalb den Brennstoffdüsenwinkel.

Es sei daran erinnert, daß es für die Triebwerkslebensdauer kritisch ist, daß der Winkel jeder Brennstoffdüse in Relation zu der Querwand innerhalb von vorbestimmten Grenzen bleibt, weil eine Fehlauerichtung zur Beschädigung der Brennkammerbaugruppenwände 42, 44 oder der Laufschaufeln oder der Leitschaufeln 36 in dem Turbinenabschnitt 26 führen kann. Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, daß der Querwandwinkel  $\alpha$  und der Brennstoffdüsenwinkel durch das Verfahren nicht verändert werden, so daß durch Aufrechterhalten des ursprünglichen Temperaturprofils für den Hochdruckturbineinlaß an dem Ring der Brennkammerbaugruppe der Wirkungsgrad des Triebwerks aufrechterhalten wird.

Die Verwendung des Laserstrahls 80 führt zu minimalem Materialverlust, übermäßige Schweißarbeiten werden deshalb vermieden. Das übermäßige Schweißen kann zu einer großen Temperaturdifferenz an dem Brennkammerring führen, die zu einem vorzeitigen Ausfall der Laufschaufeln und der Leitschaufeln 36 in dem Turbinenabschnitt 26 führen kann. Das Reparieren durch die vorliegende Erfindung braucht deshalb die Dauerhaftigkeit und den Wirkungsgrad des Triebwerks nicht zu verringern.

Noch ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der reparierten

Brennkammerbaugruppe 32 gestaltet wird, dieselbe Beziehung zu dem Triebwerk wie die ursprüngliche Brennkammerbaugruppe zu haben, was aus dem Vermeiden des Entfernen der Haube 46 und der Befestigungsnasen 48 resultiert. Integriert in die Haube sind die Befestigungsnasen, die die Bezugspunkte für die Brennkammerbaugruppe bilden. Die vorliegende Erfindung vermeidet das Entfernen der Haube und gestaltet Werkstätten, Reparaturen mit den ursprünglichen Bezugspunkten des Teils auszuführen. Die reparierte Brennkammerbaugruppe wird deshalb dieselbe Beziehung zu dem Triebwerk wie die ursprüngliche Brennkammerbaugruppe haben.

Noch ein weiterer Vorteil sind die Geschwindigkeit und die Einfachheit des Wiederzusammenbaus, der aus dem Entfernen der Querwand resultiert, durch Vermeiden der schwierigen manuellen Ausrichtung der Brennstoffdüsenwinkel und der aus dem Abtragen von Material mit einem Laserstrahl 80 resultiert, durch Gestatten von manuellen und möglicherweise automatisierten Schweißarbeiten und durch Vermeiden von wesentlichem Materialverlust.

94 923 450 4

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils einer Brennkammerbaugruppe des Typs, der ein stromaufwärtsiges Ende (38) hat, ein stromabwärtsiges Ende (40), eine Symmetriechse (A), eine Querwandbaugruppe (32a), die einen inneren Ring (56), einen äußeren Ring (57) in radialem Abstand von dem inneren Ring (56) sowie eine ringförmige Querwand (58) aufweist, welche sich von dem inneren Ring (56) zu dem äußeren Ring (57) erstreckt, wobei die Querwand (58) eine Anzahl von Öffnungen (62) zum Orientieren von Brennstoffdüsen (34) hat, welche umfangsmäßig um die Querwand (58) angeordnet sind, wobei die Brennkammerbaugruppe (32a) weiter eine äußere Wand (44) hat, die sich stromabwärts von dem äußeren Ring (57) aus erstreckt, und eine Brennkammerhaube (46), die sich stromaufwärts von dem äußeren Ring (57) aus erstreckt, dann radial einwärts, dann stromabwärts zu dem inneren Ring (56), wobei die Brennkammerhaube (46) integrierte Befestigungsnasen (48) hat, die sich von ihr aus stromaufwärts erstrecken, um die Brennkammerbaugruppe (32a) in dem installierten Zustand zu tragen, durch:

- (a) Abtrennen der ringförmigen Querwand (58) durch Abtragen eines sich umfangsmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet zwischen den Öffnungen (62) für die Brennstoffdüse (34) und dem inneren Ring (56) und durch Abtragen eines sich umfangsmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet zwischen den Öffnungen (62) für die Brennstoffdüse (34) und dem äußeren Ring (57); und
- (b) Fixieren der Querwand (58) als ein Teil und eines mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a) als ein separates Teil,

(c) Wiederbefestigen der Querwand (58) an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a), wobei das Entfernen der Querwand (58) aus dem Bereich zwischen dem inneren Ring (56) und dem äußeren Ring (57) die Beziehung der Befestigungsnasen (48) bewahrt, die diese zu dem inneren Ring (56) und zu dem äußeren Ring (57) der Querwandbaugruppe (54) haben, wobei dadurch, daß die Brennkammerhaube (46) ungestört gelassen wird, der Brennkammerhaube (46) gestattet wird, den inneren Ring (56) und den äußeren Ring (57) zu verstärken und das Aufrechterhalten der ursprünglichen Orientierung in bezug auf die Befestigungsnasen (48) während der Reparaturarbeit zu unterstützen.

2. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Abtrennens der Querwand (58) weiter den Schritt beinhaltet Zurückziehen der Querwand (58) ohne die Position des inneren Ringes (56) in bezug auf die Befestigungsnasen (48) zu stören und ohne die Position des äußeren Ringes (57) in bezug auf die Befestigungsnasen (48) zu stören.

3. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei bei dem Verfahren eine Schneidvorrichtung (80) und eine Reparaturvorrichtung (78) zum Tragen und Positionieren der Brennkammerbaugruppe (32a) in bezug auf die Schneidvorrichtung benutzt werden und wobei der Schritt des Abtrennens der Querwand (58) weiter die Schritte beinhaltet:

- Positionieren der Brennkammerbaugruppe (32a) auf der Reparaturvorrichtung (78) und
- Hervorrufen einer Relativdrehung zwischen der Schneidvorrichtung (80) und dem mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe (32a).

4. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Quer-

wandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 3, wobei der Schritt des Hervorrifens einer Relativdrehung zwischen der Schneidvorrichtung (80) und dem mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe (32a) um eine Drehachse (A) ausgeführt wird und weiter den Schritt beinhaltet Aufrechterhalten der Konzentrität der Querwand (58) in bezug auf eine Drehachse, die mit der Symmetrieachse (A) des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) zusammenfällt.

5. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Abtrennens der ringförmigen Querwand (58) durch Abtragen eines sich umfangsmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet zwischen den Öffnungen (62) für die Brennstoffdüsen (34) und dem inneren Ring (56) und durch Abtragen eines sich umfangsmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet zwischen den Öffnungen (62) für die Brennstoffdüsen (34) und dem äußeren Ring (57) weiter den Schritt beinhaltet Abtragen von weniger als etwa 1,016 mm (vierzig (40) Tausendstel Zoll) Breite an Material in den Trenngebieten.

6. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 5, wobei der Schritt des Abtragens von weniger als etwa 1,016 mm (vierzig (40) Tausendstel Zoll) an Breite von Material in den Trenngebieten weiter den Schritt beinhaltet Positionieren des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) um den mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe (32a) durch einen Laserstrahl (80) hindurchzuführen.

7. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Abtrennens der ringförmigen Querwand (58) durch Abtragen eines sich umfangsmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet zwischen den Öffnungen (62) für die Brennstoffdüsen (34) und dem inneren Ring

(56) und durch Abtragen eines sich umfangmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet zwischen den Öffnungen (62) für die Brennstoffdüsen (34) und dem äußeren Ring (57) weiter den Schritt beinhaltet Positionieren des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) in bezug auf einen Laserstrahl (80) zum Hindurchführen des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) durch den Laserstrahl.

8. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Abtrennens der Querwand weiter die Schritte beinhaltet Abtragen eines sich umfangmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet in unmittelbarer Nähe des inneren Ringes (56) und Abtragen eines sich umfangmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet in unmittelbarer Nähe des äußeren Ringes (57).

9. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 8, wobei die Schritte des Abtragens von Material in zwei sich umfangmäßig erstreckenden Gebieten weiter die Schritte beinhalten Abtragen eines sich umfangmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet, das mit der früheren Schweißverbindung an dem inneren Ring (56) zusammenfällt, und Abtragen eines sich umfangmäßig erstreckenden Teils von Material an der Querwand (58) in einem Gebiet, das mit der früheren Schweißverbindung an dem äußeren Ring (57) zusammenfällt.

10. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Fixierens der Querwand (58) als ein Teil und des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a) als ein separates Teil weiter den Schritt beinhaltet Wiederherstellen der Querwand (58) und des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a) während Zeitspannen, die teilweise zusammenfallen.

11. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Wiederbefestigens der Querwand (58) an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a) weiter den Schritt beinhaltet Positionieren der Querwand (58) in bezug auf den mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a), der weiter die Schritte beinhaltet axiales Festlegen der Querwand (58) in bezug auf den inneren Ring (56) und den äußeren Ring (57) und umfangsmäßiges Festlegen der Querwand (58) in bezug auf die Befestigungsnasen (48).
12. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 11, wobei der Schritt des Positionierens der Querwand (58) weiter den Schritt beinhaltet Orientieren der Querwand (58) derart, daß der Winkel ( $\alpha$ ) der Querwand (58) in bezug auf eine Bezugsebene, die durch die Befestigungsnasen (48) definiert ist, innerhalb von vorbestimmten Grenzen ist, welche für eine neu hergestellte Brennkammerbaugruppe festgelegt sind.
13. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Wiederbefestigens der Querwand (58) an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a) weiter den Schritt beinhaltet Anordnen einer Spundplatte (122) innerhalb des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a), um die Verwindung zu minimieren, die die Querwand (58) während des Wiederzusammenbaus erfährt, und um die Konzentrität des inneren Ringes (56) der Querwandbaugruppe (54) aufrechtzuerhalten.
14. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils einer Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, durch:
  - (a) Abstützen des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) auf einer Reparaturvorrichtung (78) des Typs, der eine Haltebaugruppe (82) hat, die eine Grundplatte (86) auf-

weist, welche sie in die Lage versetzt, eine Mittelplatte (90) aufzunehmen, Paßstifte (98), die sich radial erstrecken, eine Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand (88), die auf der Grundplatte (86) ruht, wobei die Einrichtung zum Weiterschalten der Querwand (88) eine Weiterschaltplatte (102) aufweist, mehrere Stopfenlöcher (106), die umfangmäßig um die Weiterschaltplatte (102) angeordnet sind, und mehrere Stopfen (124), die mit den Stopfenlöchern (106) zusammenwirken, und eine Mittelplatte (90), auf der die Grundplatte (86) ruht, wobei die Haltebaugruppe (82) das Befestigen an einer Einrichtung zum Drehen (84) der Haltebaugruppe (82) ermöglicht, was die Schritte beinhaltet:

- (1) Zentrieren der Mittelplatte (90) auf der Dreheinrichtung (84),
- (2) Zentrieren der Grundplatte (86) mit der Weiterschaltseinrichtung (88), die auf der Mittelplatte (90) befestigt ist,
- (3) Zentrieren des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) auf der Haltebaugruppe (82),

(b) Auf trennen des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) in wenigstens zwei separate Elemente, von denen eines die Querwand (58) ist, was die Schritte beinhaltet:

- (1) Markieren von Bezugslinien (73) auf der Querwand (58), dem inneren Ring (56) und dem äußeren Ring (57) der Querwandbaugruppe (54),
- (2) Abtragen eines Trenngebietes zwischen Schnittflächen an der Querwand (58) in einem äußeren Trennbereich zwischen etwa 0,1524 mm (sechs (6) Tausendstel Zoll) Breite bis etwa 0,2032 mm (acht (8) Tausendstel Zoll) Breite,

7

(i) Positionieren eines Laserstrahls (80) zum Schneiden längs des äußeren Trennbereiches an der Querwand (58) des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a).

(ii) Betreiben des Laserstrahls (80) mit einer Geschwindigkeit, die von der Materialdicke der Querwand (58) abhängig ist, und mit einer Leistungseinstellung, bei welcher er das Querwandmaterial durchdringen wird und thermische Verwindung von benachbarten Oberflächen oder zerstörerischer Ausrittsschaden vermieden wird, und Schneiden auf dreihundertsechzig (360) Grad längs des äußeren Trennbereiches.

(3) Entfernen eines Trenngebietes zwischen Schnittflächen an der Querwand (58) in einem inneren Trennbereich zwischen etwa 0,1524 mm (sechs (6) Tausendstel Zoll) Breite und etwa 0,2032 mm (acht (8) Tausendstel Zoll) Breite.

(i) Positionieren des Laserstrahls (80) zum Schneiden längs des inneren Trennbereiches an der Querwand (58) des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a).

(ii) Betreiben des Laserstrahls (80) mit einer Geschwindigkeit, die von der Materialdicke der Querwand (58) abhängig ist, und mit einer Leistungseinstellung, bei welcher er das Querwandmaterial durchdringen wird und thermische

Verwindung von behachbarten Oberflächen oder zerstörerischer Ausrittschaden vermieden wird, und

(iii) Schneiden auf dreihundertsechzig (360) Grad längs des inneren Trennbereiches.

(c) Fixieren der Querwand (58) und eines mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a), wobei Reparaturen an der Querwand (58) und dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a) unabhängig vonstatten gehen, beinhaltend die Schritte

- (1) Lösen der Querwand (58) von dem mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe (32a).
- (2) Entfernen des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a) aus der Reparaturvorrichtung (78), und
- (3) Reparieren der Querwand (58) und des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a).

(d) Wiederbefestigen der Querwand (58) an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a), was die Schritte beinhaltet

- (1) Abstützen des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a) auf der Reparaturvorrichtung (78) durch Erfassen der Parkstifte (98).
- (2) Positionieren der Querwand (58) bündig mit dem inneren Teil der Querwandoberfläche an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a) unter Verwendung der Bezugslinien (73) und der Stopfen (124).
- (3) Anordnen einer Stopfenplatte (122) in dem Zentrum des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a) an dem inneren Ring (56), was den Schritt beinhaltet Drücken der Stopfenplatte (122) in den mit

Haube versehenen Teil der Brennkammerbau-  
gruppe (32a).

- (4) Einführen von Abschreckplatten aus Kupfer  
in die Öffnungen (62) für die Brennstoffdü-  
sen (34).
- (5) Erstens, Schweißen längs des inneren Um-  
fangs der Querwand (58).
- (6) anschließend Schweißen längs des äußeren  
Umfangs der Querwand (58).
- (7) Wiederherstellen der vorbestimmten Bezie-  
hung zwischen der Querwand (58) und den Be-  
festigungsnasen (48).

15. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Quer-  
wandteils einer Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, durch:

- (a) Abstützen des mit Haube versehenen Querwandteils  
der Brennkammerbaugruppe (32a) auf einer Repara-  
turvorrichtung (78) des Typs, der eine Haltebau-  
gruppe (82) aufweist, die eine Grundplatte (86)  
hat, welche das Aufnehmen einer Mittelplatte  
(90) gestattet, Paßstifte (98), die sich radial  
erstrecken, eine Einrichtung zum Weiterschalten  
der Querwand (88), die auf der Grundplatte (86)  
ruht, wobei die Einrichtung zum Weiterschalten  
der Querwand (88) eine Weiterschaltplatte (102)  
aufweist, mehrere Stopfenlöcher (106), die um-  
fänglich um die Weiterschaltplatte (102) ange-  
ordnet sind, und mehrere Stopfen (124), die mit  
den Stopfenlöchern (106) zusammenwirken, sowie  
eine Mittelplatte (90), auf der die Grundplatte  
(86) ruht, wobei die Haltebaugruppe (82) das Be-  
festigen an einer Einrichtung (84) zum Drehen  
der Haltebaugruppe (82) ermöglicht und ein mit-  
tiges Loch (114) hat, welches das Empfangen ei-  
nes Paßzylinders (105) ermöglicht, was die  
Schritte beinhaltet:

10

- (i) Zentrieren der Mittelplatte (90) auf der Dreheinrichtung (84), was die Schritte umfasst
  - i) Plazieren der Mittelplatte (90) auf der Dreheinrichtung (84) und
  - ii) Einführen des Paßzylinders (105) in die Mittelplatte (90) und in das Loch in der Dreheinrichtung (84)
- (2) Zentrieren der Grundplatte (86) mit der Weiterschalteinrichtung (88), die auf der Mittelplatte (90) befestigt ist, was die Schritte umfasst
  - i) Plazieren der Grundplatte (86) mit der auf der Mittelplatte (90) befestigten Weiterschalteinrichtung (88) und
  - ii) Einführen des Paßzylinders (105) in die Weiterschalteinrichtung (88) und in die Mittelplatte (90)
- (3) Zentrieren des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) auf der Haltebaugruppe (82), was die Schritte beinhaltet
  - (i) Erfassen der mehreren Befestigungsnasen (48) mit den mehreren Paßstiften (98), und
  - (ii) Justieren der Lage des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) auf der Haltebaugruppe (82) unter Verwendung der Paßstifte (98) und einer Meßuhr (118), bis Konzentrität des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) erzielt ist.
- (b) Auftrennen des mit Haube versehenen Quer-

11

wandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) in wenigstens zwei separate Elemente, von denen eines die Querwand (58) ist, was die Schritte beinhaltet:

- (1) Markieren von Bezugslinien (73) auf den Querwand (58), dem inneren Ring (56) und dem äußeren Ring (57) der Querwandbaugruppe (54);
- (2) Entfernen eines Trenngebietes zwischen Schnittflächen an der Querwand (58) in einem äußeren Trennbereich zwischen etwa 0,1524 mm (sechs (6) Tausendstel Zoll) Breite bis etwa 0,2032 mm (acht (8) Tausendstel Zoll) Breite;
  - (i) Positionieren eines Lasers (80) zum Schneiden längs des äußeren Trennbereiches an der Querwand (58) des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a);
  - (ii) Betreiben des Lasers (80) mit einer Geschwindigkeit, die von der Materialdicke der Querwand (58) abhängig ist, und mit einer Leistungseinstellung, bei der er das Querwandmaterial durchdringen wird und thermische Verwindung von benachbarten Oberflächen oder zerstörerischer Austrittsschaden vermieden wird, und Schneiden auf dreihundertsechzig (360) Grad längs des äußeren Trennbereiches;
- (3) Entfernen eines Trenngebietes zwischen Schnittflächen an den Querwand (58) in

einem inneren Trenngebiet zwischen etwa 0.1524 mm (sechs (6) Tausendstel Zoll) Breite und etwa 0.2032 mm (acht (8) Tausendstel Zoll) Breite.

(i) Positionieren des Lasers (80) zum Schneiden längs des inneren Trennbereiches an der Trennwand (58) des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a).

(ii) Betreiben des Lasers mit einer Geschwindigkeit, die von der Materialdicke der Querwand (58) abhängig ist und mit einer Leistungseinstellung, bei der er das Querwandmaterial durchdringen wird und thermische Verwindung von benachbarten Oberflächen oder zerstörerischer Austrittsschaden vermieden wird und.

(iii) Schneiden auf dreihundertsechzig (360) Grad längs des inneren Trennbereiches.

c) Fixieren der Querwand (58) und eines mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a), wobei Reparaturen an der Querwand (58) und an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a) unabhängig vonstatten gehen, beinhaltend die Schritte

- (1) Lösen der Querwand (58) von dem mit Haube versehenen Querwandteil der Brennkammerbaugruppe (32a).
- (2) Entfernen des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a).

von der Reparaturvorrichtung (78), und

(3) Reparieren der Querwand (58) und des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a);

(d) Wiederbefestigen der Querwand (58) an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a), was die Schritte beinhaltet

(1) Abstützen des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a) auf der Reparaturvorrichtung (78) durch Erfassen der Pakstifte (98),

(2) Positionieren der Querwand (58) bündig mit dem inneren Teil der Querwandoberfläche an dem mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a) unter Verwendung der Bezugslinien (73) und der Stopfen (124),

(3) Anordnen einer Spundplatte (122) in dem Zentrum des mit Haube versehenen Teils der Brennkammerbaugruppe (32a) benachbart zu dem inneren Ring (56), was den Schritt beinhaltet, die Spundplatte (122) in den mit Haube versehenen Teil der Brennkammerbaugruppe (32a) zu drücken,

(4) Einführen von Abschreckplatten aus Kupfer in die Öffnungen (62) für die Brennstoffdüsen (34),

(5) erstens, Heftschweißen längs des inneren Umfangs der Querwand (58), was den Schritt beinhaltet

(i) Heftschweißen an Stellen, die etwa 6,35 mm (ein Viertel (0,25) Zoll) bis etwa 12,7 mm (ein halbes (0,50) Zoll) beabstandeten Stellen an dem inneren Umfang,

(6) dann, Heftschweißen längs des äusseren Umfangs der Querwand (58), was die Schritte beinhaltet

(i) Heftschweißen an etwa 6,35 mm (ein Viertel (0,25) Zoll) bis etwa 12,7 mm (ein halbes (0,50) Zoll) beabstandeten Stellen an dem äusseren Umfang.

(7) dann, Schweißen längs des inneren Umfangs der Querwand (58), was die Schritte beinhaltet

(i) Schweißen von etwa 101,6 mm (vier (4) Zoll) bis 152,4 mm (sechs (6) Zoll) Streifen an dem inneren Umfang an versetzten Stellen, und

(ii) dann, Schweißen des übrigen Teils des inneren Umfangs.

(8) danach, Schweißen längs des äusseren Umfangs der Querwand (58), was die Schritte beinhaltet

(i) Schweißen von etwa 101,6 mm (vier (4) Zoll) bis 152,4 mm (sechs (6) Zoll) Streifen an dem äusseren Umfang an versetzten Stellen, und

(ii) Schweißen des übrigen Teils des äusseren Umfangs.

(9) Wiederherstellen der vorbestimmten Beziehung zwischen der Querwand (58) und den Befestigungsnasen (48), was die Schritte beinhaltet

(i) Entfernen des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammer (32a) von der Reparaturvorrichtung (78).

(ii) Plazieren des mit Haube verse-

15

hener Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a) auf einer Hydraulik-Kolben-Zylinder-Vorrichtung,

(iii) Plazieren einer konturierten Platte innerhalb des mit Haube versehenen Querwandteils der Brennkammerbaugruppe (32a), und Ziehen der Platte abwärts, bis die vorbestimmte Beziehung zwischen der Querwand (58) und den Befestigungsnasen (48) wiederhergestellt ist.

16. Verfahren zum Reparieren eines mit Haube versehenen Querwandteils einer Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 1, wobei die Brennkammerbaugruppe (32a) weiter eine innere Wand (42) aufweist, die relativ beabstandet vor der äußeren Wand (44) angeordnet ist und sich im wesentlichen parallel zu der äußeren Wand (44) erstreckt, wobei das Verfahren zum Reparieren den Schritt beinhaltet, die innere Wand (42) von der Brennkammerbaugruppe abzutrennen.

17. Brennkammerbaugruppe, die durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16 repariert worden ist.

94 923 450.4

1/4

fig. 1

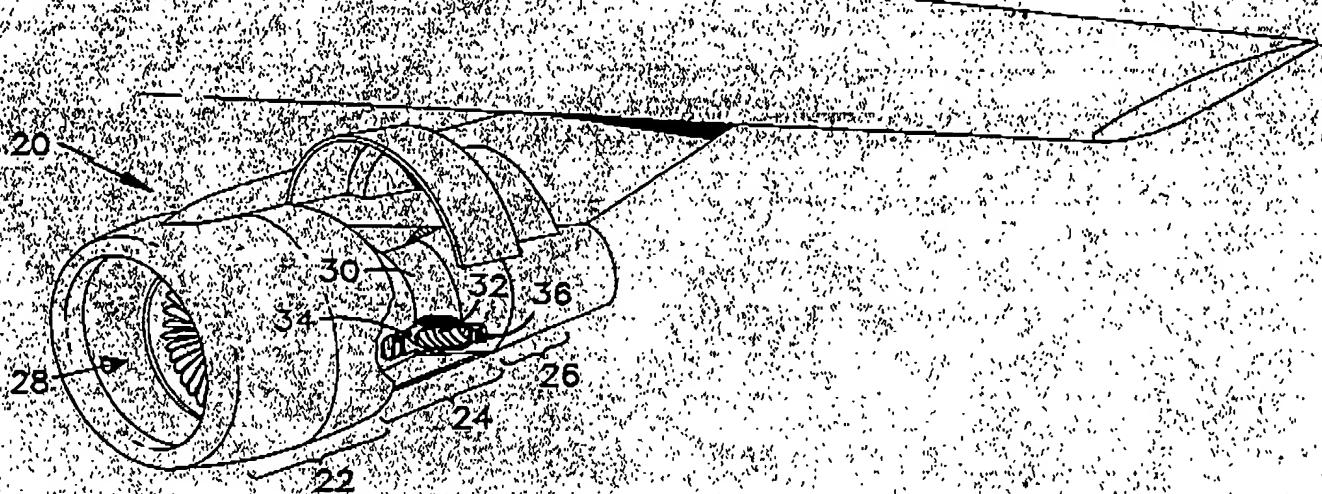
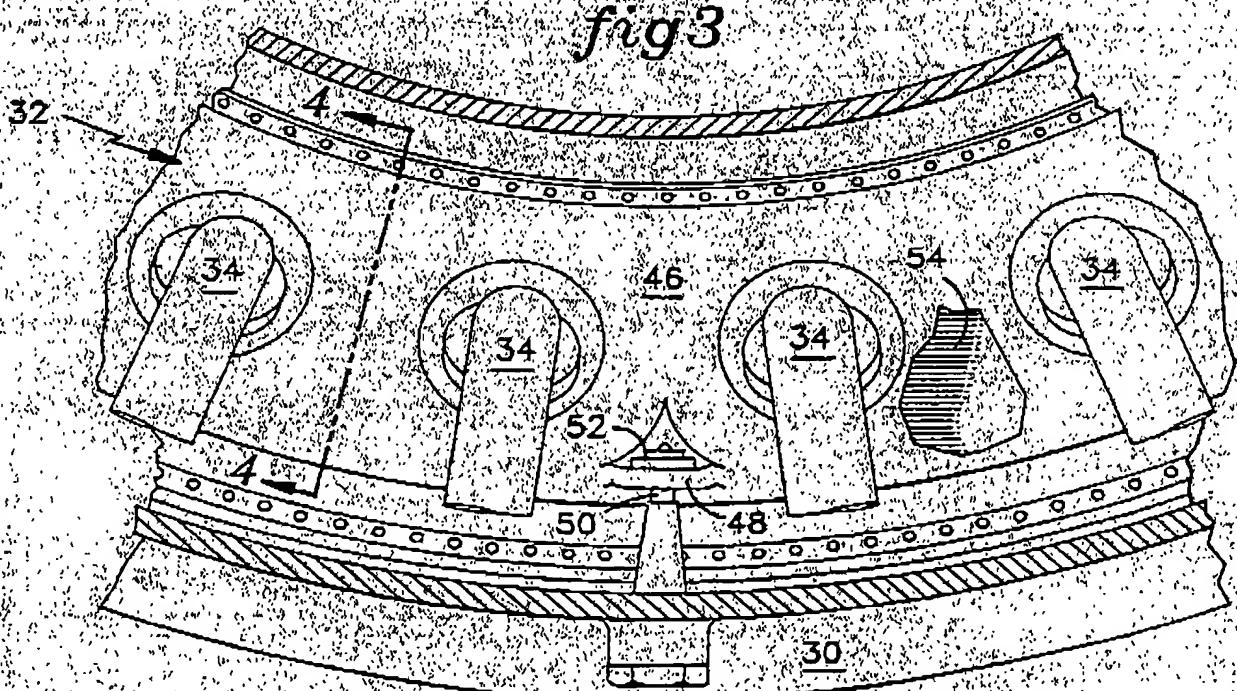


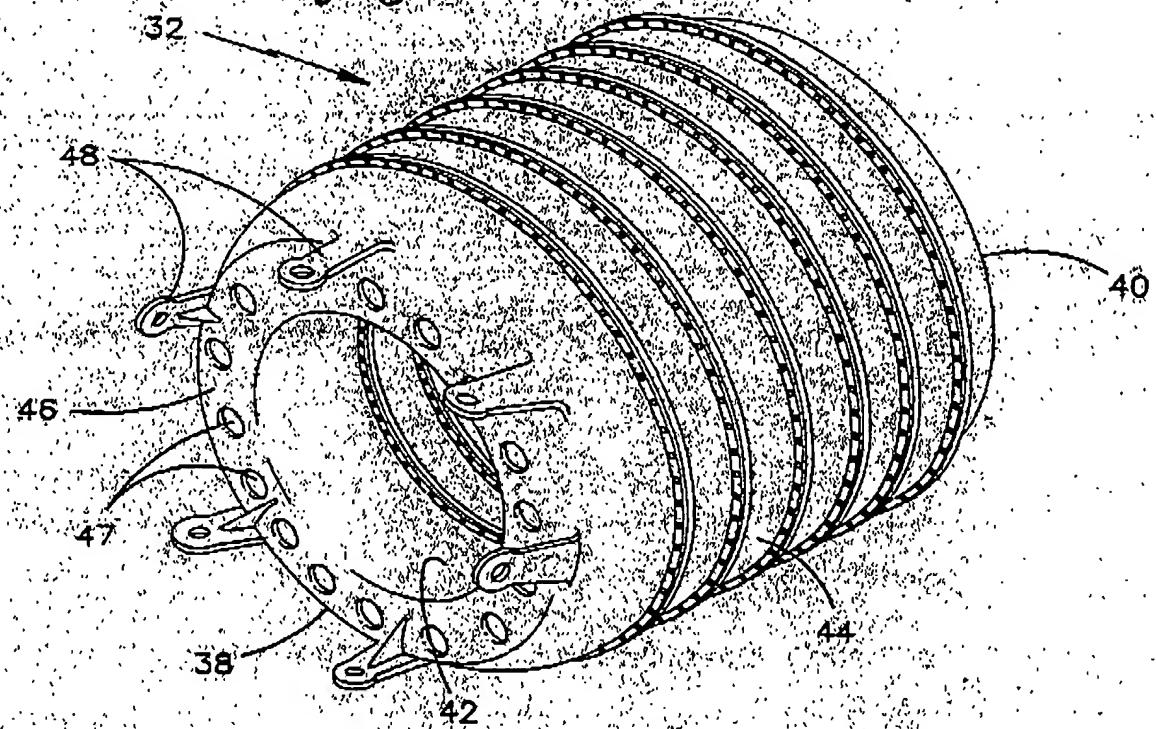
fig3



94 923 450.4

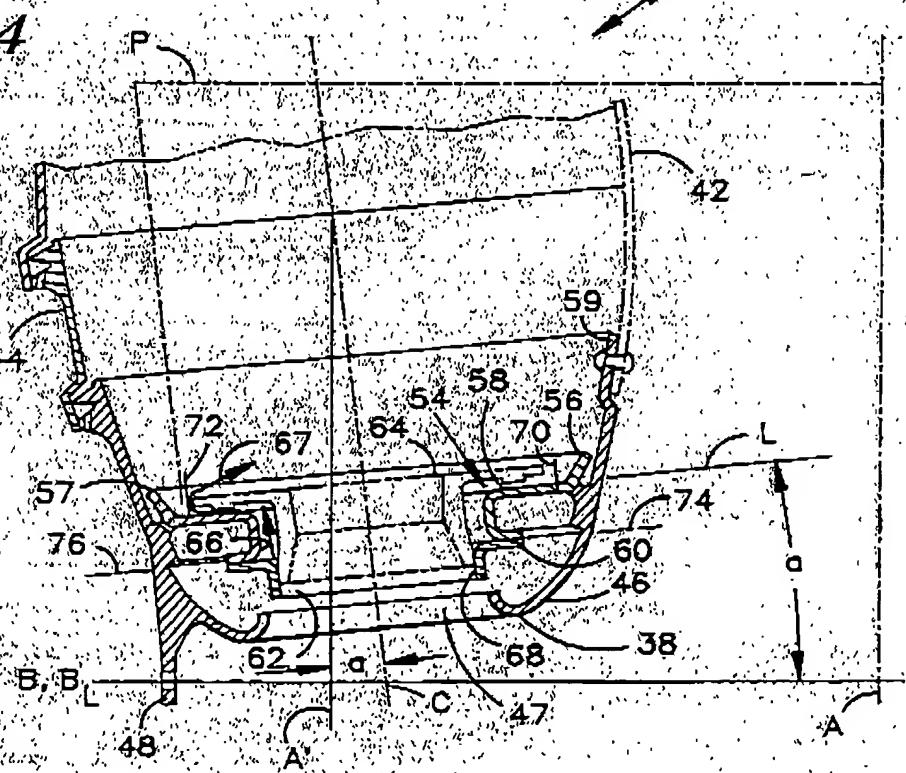
274

fig. 2



32a

fig. 4



94 923 450 4

fig.5

57

3/4

58  
70

56

52

54

fig.6

32a

119

118

116

5

198

59

48

47

106 92 104

108

110

114

105

112

90

102

96

86

88

58

5

42

60

44

119

118

116

198

48

106

92

104

108

110

114

105

112

90

102

86

88

58

5

42

119

118

116

198

48

106

92

104

108

110

105

112

90

102

86

88

58

5

42

60

119

118

116

198

48

106

92

104

108

110

114

105

112

90

102

86

88

58

5

42

119

94 923 450.4

4/4

fig.7

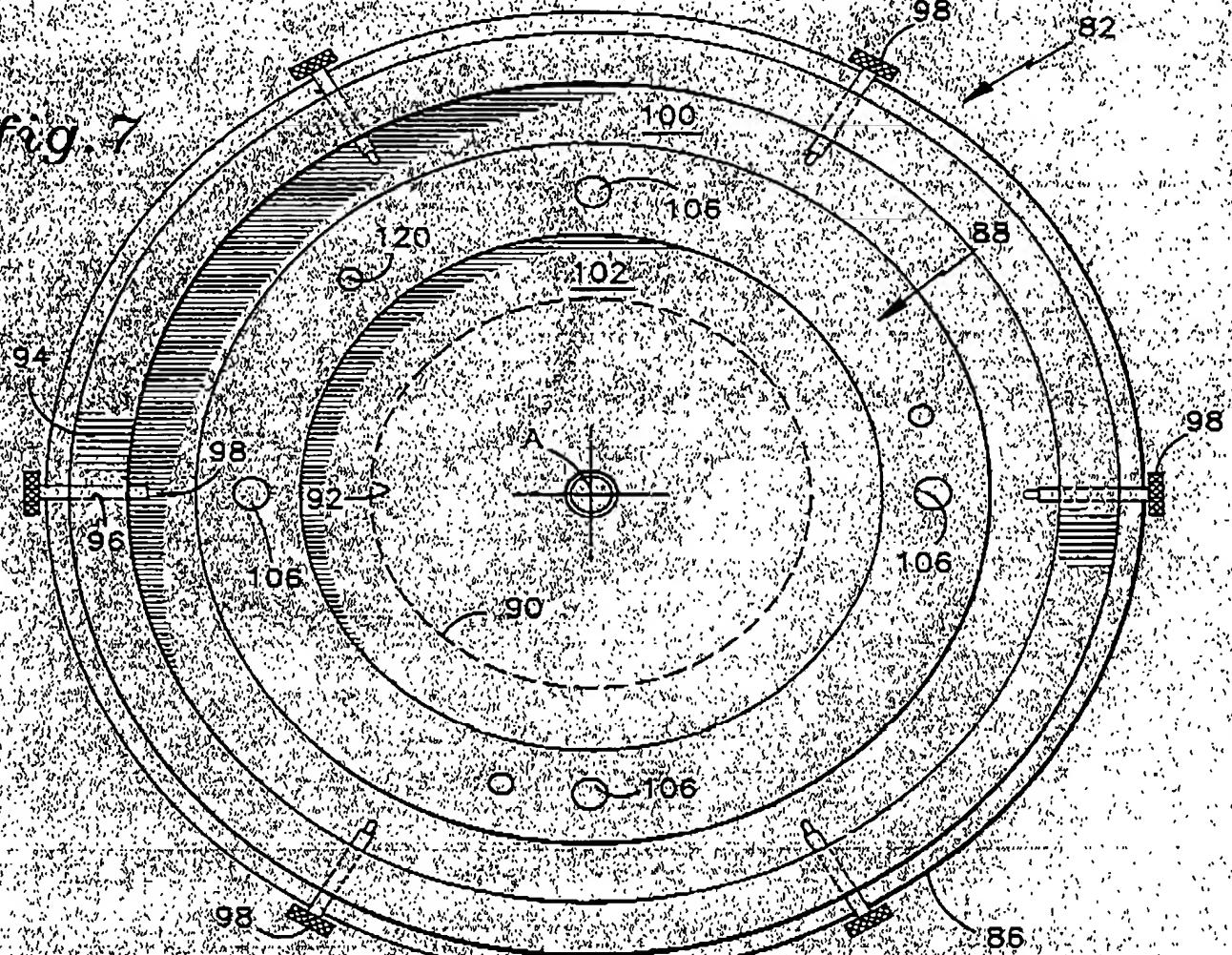
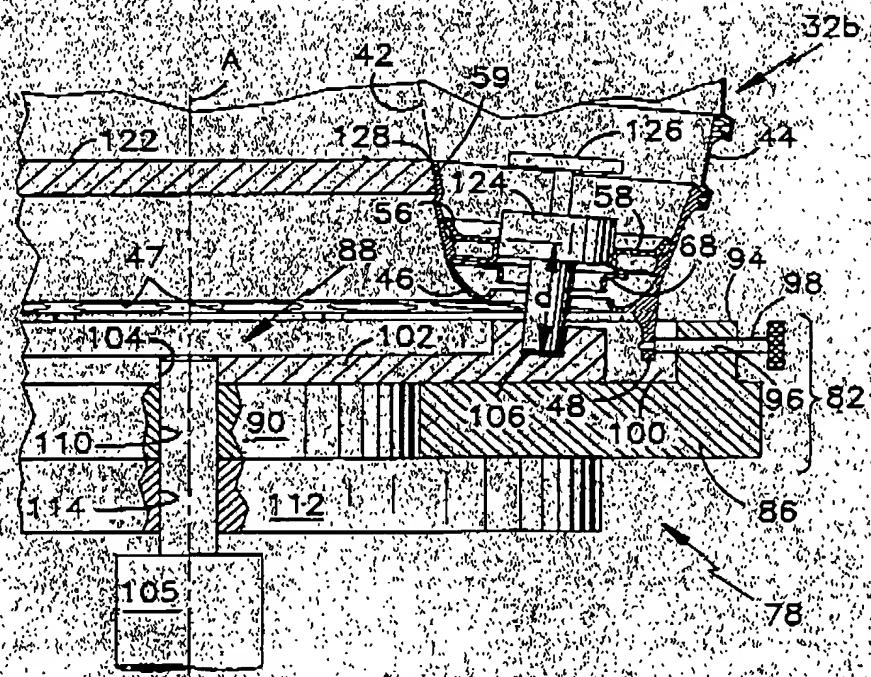


fig.8



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**